

## University of Groningen

### Mens en natuur duurzaam geketend

Moll, Henri

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2005

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Moll, H. (2005). *Mens en natuur duurzaam geketend: hulpbronnen ten dienste van duurzame productie en consumptie*. s.n.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

# **Mens en natuur duurzaam geketend: hulpbronnen ten dienste van duurzame productie en consumptie.**

*Oratie uitgesproken op 15 november 2005 door prof. dr. H. C. Moll te Groningen.*

## **Introductie**

Mijnheer de rector magnificus, geachte aanwezigen!

De relatie tussen mens en natuur heeft de mens al vele eeuwen beziggehouden. De filosofie was het eerste vakgebied dat zich met bestuderen van deze relatie bezig hield. Daarnaast bevat vrijwel elke religie ook opvattingen over hoe de relatie tussen mens en natuur behoort te zijn. Later zijn andere wetenschappen zich met de relatie tussen mens en natuur gaan bezighouden. De milieukunde, het wetenschapsgebied waarin ik werkzaam ben, heeft de mens natuur relatie ook tot object van studie genomen.

Mijn beschouwing voor vandaag begint in de zeventiende eeuw in de Republiek der Verenigde Nederlanden. In Amsterdam ontwikkelde Descartes zijn filosofie. Zijn karakteristiek van de mens 'cogito ergo sum' is alom bekend. Hij ontwikkelde ook een dualistisch systeem 'de denkende geest' enerzijds die geheel los staat van de 'materie' anderzijds. Hiermee is de mens, de denkende kracht, losgekoppeld van de natuur, het rijk der materie.

Interessant is dat in dezelfde eeuw Van Leeuwenhoek de microscoop uitvond. Daarmee kon worden waargenomen dat de cellen van mensen qua bouw en werking lijken op de cellen van andere organismen. De conclusie dat de denkende mens zich dus niet onderscheidt van de natuur, werd echter niet getrokken. De natuurwetenschappelijke experimentele methode die Van Leeuwenhoek en vele anderen gebruikten in die tijd gaf een invulling aan de relatie mens – natuur die dezelfde is als die van Descartes. De mens heerst over de natuur en heeft het recht de natuur te behandelen naar zijn goeddunken, omdat de natuur slechts domme materie is.

De achttiende eeuw is de eeuw van de 'Verlichting'. De Fransen Voltaire, Diderot en Montesquieu en de Duitsers Leibniz en Kant speelden hier een hoofdrol. De Verlichting typeert zich door een verdere ontwikkeling van het rationalisme, een toenemende nadruk op empirische waarneming in de wetenschap en ook een politieke emancipatie. Het vooruitgangsgeloof en het positivisme kregen stevige wortels. Het loslaten van oude religieuze en sociale dogma's en de onbelemmerde ontwikkeling van zelfstandig denken, de wetenschappen en het burgerschap zouden een continu proces van maatschappelijke vooruitgang aandrijven. De natuur is bij de 'Verlichting' niet in tel, de vooruitgang moet veroverd worden op de natuur.

De negentiende eeuw is in de natuurwetenschappen de eeuw van het 'Materialisme'. Empirisch onderzoek had inmiddels duidelijk gemaakt dat er in wezen geen verschil is tussen de mens en de overige levende wezens. De

organische chemie liet zien dat omzettingsprocessen die in de natuur plaatsvonden ook daarbuiten in reageerbuisen en reactoren konden worden uitgevoerd. Het enige wat er is, zijn energie- en materieomzettingen. Het beter beheersen van deze omzettingen zag men als een voorname motor voor verdere vooruitgang.

In dezelfde eeuw ontwikkelde zich een aantal sociale wetenschappen zoals de sociologie en de psychologie, die zich bezig gingen houden met het bestuderen van de mens en zijn gedrag, individueel en collectief. Het beter begrijpen van de mens zag men als een tweede motor voor verdere vooruitgang. Niet werd gezien dat de natuur door de feitelijke vooruitgang, die in de negentiende eeuw plaats had in verdrukking aan het komen was. De geest van het positivisme en het vooruitgangsgeloof strandden in de twintigste eeuw. Enkele problemen verklaren deze breuk in het denken. Allereerst de notie dat er grenzen kunnen zijn aan de groei. Dit begon met het geruchtmakende rapport van Dana en Dennis Meadows getiteld, "limits to growth". Inmiddels staan in milieukundeboeken de uitspraken, dat de mens de helft van de toegankelijke zoetwaterstromen benut, dat de mens beslag legt op de helft of meer van het natuurlijke productievermogen van de aarde, en dat de stikstofkringloop inmiddels sterk beïnvloed is door de door de mens geproduceerde stikstofmeststoffen. Deze uitspraken laten zien dat in praktisch opzicht de natuur grenzen kan gaan stellen aan de groei van menselijke activiteiten.

In de tweede plaats zijn wij ons bewust geworden van de schaduwkanten aan de groei. Anders gezegd groei maakt ook slachtoffers door uitbuiting en roofbouw. De groei bleek vooral ten goede te komen aan het Noordwesten in de wereld en binnen deze landen aan de maatschappelijke elites. Op de natuur werd roofbouw gepleegd, waardoor natuurlijke processen steeds meer in het gedrang kwamen. Nu lijken uitbuiting en roofbouw morele termen, maar er zijn ook praktische redenen om aan deze problemen aandacht te geven. Terrorisme en mondiale migratie beïnvloeden ook onze samenleving. Als wij hun geen ontwikkeling, welvaart en gezondheid bieden, komen ze het wel bij ons halen. Ook de natuur bijt soms pijnlijk terug: Zo laten klimaatverandering, wateroverlast en intensere orkanen zien dat de door de mens bewerkstelligde veranderingen in de natuur ook grote gevolgen voor de samenleving kunnen hebben. De hier beschreven terugkoppelingen, de invloed van armoede en natuurbederf op onze samenleving, tonen aan dat we de gevolgen van de groei veel breder moeten analyseren dan we gewend waren te doen.

In de derde plaats blijken er grote problemen te zijn om noodzakelijke veranderingen te bewerkstelligen. Inzicht in de ernst van de milieuproblematiek leidt niet automatisch tot verantwoordelijk gedrag van burgers en tot het maatschappelijk invoeren van maatregelen die deze milieuproblemen doeltreffend aanpakken. Nieuwe sociaal-wetenschappelijke kennis over de menselijke natuur en menselijk gedrag is nodig om te begrijpen waarom milieubesef niet automatisch tot milieubewust gedrag leidt op individueel en collectief niveau.

Het positivisme van de negentiende eeuw verwachtte dat de mens los kon komen van de natuur. De twintigste eeuw heeft laten zien dat dat niet lukt.

Mens en de natuur zijn stevig verbonden. Zoals de eerste helft van de titel van deze oratie luidt: Mens en Natuur zijn duurzaam geketend. Inmiddels is ook het vooruitgangsgeloof ingeruild voor het streven naar een duurzame mondiale ontwikkeling. Duurzame ontwikkeling, zoals gedefinieerd in het Brundtland rapport is een ontwikkeling die de huidige wereldbevolking in haar behoeften zal voorzien, zonder dat toekomstige generaties belemmerd worden in hun mogelijkheden om in hun behoeften te voorzien. Verder uitgewerkt betekent duurzame ontwikkeling een evenwichtige ontwikkeling van het economische systeem, het sociale systeem en het ecosysteem. Men streeft dus naar een gelijktijdige verbetering van deze drie systemen. Hulpbronnen spelen een belangrijke rol bij elke ontwikkeling. Immers, hulpbronnen zoals energie, water en grondstoffen worden onttrokken aan het ecosysteem en veroorzaken later bij gebruik en afdanking vervuiling door afval en emissies. Daarnaast vormen de hulpbronnen de brandstof en de voeding voor de productie in het economische systeem. Ook is de kwaliteit van het menselijk bestaan mede gebaseerd op producten die uit de hulpbronnen gemaakt zijn en diensten die hiermee geleverd kunnen worden. Nu sluit ik de introductie af en ben ik aangekomen bij de tweede helft van de titel van de oratie. Hulpbronnen ten dienste van duurzame productie en consumptie. Dit thema zal ik in drie onderdelen bespreken: Allereerst de hulpbronnen zelf, vervolgens de productie en de consumptie en daarna de vraag hoe duurzaamheid systematisch gemeten en verbeterd kan worden.

## **Hulpbronnen**

Welke hulpbronnen levert het milieu aan onze samenleving en hoe kunnen we daarop een duurzame manier van gebruik maken? Dat is een centrale vraag in de milieukunde.

Eerst een uitleg over wat de term milieu betekent: Het milieu is de dode en levende natuur om ons heen en is gekarakteriseerd door allerlei processen die grotendeels autonoom verlopen en deels ook beïnvloed kunnen worden door menselijk handelen. De samenleving is dan het deel van wereld dat door mensen zelf is ingericht en waarbinnen de processen grotendeels door menselijk handelen worden bepaald.

Verschillende soorten hulpbronnen zijn in staat respectievelijk in de energiebehoefte, de materialenbehoefte, de waterbehoefte en de landbehoefte te voorzien. De beschikbaarheid van deze hulpbronnen zowel voor het huidige gebruik als ook voor toekomstig gebruik is een belangrijk aandachtspunt voor elke samenleving.

Een aantal hulpbronnen is vernieuwbaar: de natuur kan er voor zorgen dat de voorraden van deze hulpbron wordt vernieuwd of wordt aangevuld.

Vernieuwbare hulpbronnen zijn vaak deel van een natuurlijke kringloop, zoals regen en rivierwater in de waterkringloop en bossen in de koolstofkringloop. Zowel de waterkringloop als de koolstofkringloop worden aangedreven door de continue stroom van zonne-energie, die de aarde treft. Deze energiestroom zet ook de lucht in beweging en levert zo vernieuwbare windenergie. De zonne-energie kan ook direct gebruikt worden als vernieuwbare energiebron.

Naast de vernieuwbare hulpbronnen spelen de niet-vernieuwbare hulpbronnen een belangrijke rol. Bij niet-vernieuwbare hulpbronnen ligt de voorraad vast in de ondergrond of op de bodem van de zee. Het gebruik van zulke hulpbronnen doet dus de voorraad onherroepelijk afnemen. Uitputting lijkt voor deze hulpbronnen een dreigend perspectief. Echter omdat regelmatig nieuwe voorraden door exploratie worden gevonden en omdat er ook vaak alternatieven beschikbaar zijn voor het geval dat de hulpbron schaars wordt, overheerst meestal optimisme over de beschikbaarheid van deze hulpbronnen.

Nu wil ik graag de vier genoemde soorten hulpbronnen specifiek bespreken.

### ***Energie***

Voor energie zijn de belangrijkste niet vernieuwbare hulpbronnen gas, olie en steenkool. Deze drie hulpbronnen worden met verschillende technologieën gewonnen uit de diepe ondergrond. Daarnaast bestaan er vernieuwbare energiebronnen: de al genoemde zonne-energie, windenergie, biomassa en waterkracht. Energiehulpbronnen worden gezuiverd, geraffineerd of omgezet in energiedragers, zoals aardgas, motorbrandstof en elektriciteit. Deze energiedragers worden vrijwel overal in de samenleving gebruikt voor warmte en licht, aandrijving en communicatie.

De beschikbaarheid van de energiehulpbron olie lijkt af en toe een groot probleem. Dat ligt echter nog niet aan het opraken van de voorraden van deze niet vernieuwbare hulpbron, maar aan beperkingen in de productiecapaciteit en de raffinagecapaciteit en daarnaast de concentratie van de olieproductie in politiek gevoelige of instabiele regio's. Een goede beschikbaarheid van gas, olie en kolen blijkt dus vooral verbonden met voldoende toegang tot de winningsgebieden en voldoende investeringen in de winning en in omzettingsinstallaties. Voor het benutten van de vernieuwbare energiebronnen als zon en wind zijn forse investeringen nodig. De toegang tot deze bronnen is nauwelijks beperkt, maar hun lage energiedichtheid vereist grote installaties om zon en wind in bruikbare energiedragers om te zetten. Verder is ook nog de energieproductie uit zon en wind variabel over de dag en het jaar en kan niet goed aan onze energievraag worden aangepast. Waterkracht en biomassa worden vaker gebruikt om te voldoen aan de energievraag. Maar het gebruik van deze bronnen zet andere hulpbronsystemen onder druk: het benutten van waterkracht met stuwdammen verstoort de waterkringloop en beïnvloedt de beschikbaarheid van water en het verbouwen van biomassa legt een beslag op de landvoorraad.

Bij het energiegebruik is nu het grootste probleem de uitstoot van kooldioxide bij de verbranding van aardgas, olie en kolen. Hierdoor neemt de concentratie van kooldioxide toe in de atmosfeer en dreigt het klimaat te veranderen. Daarnaast komen bij verbranding andere gassen vrij die de lokale luchtkwaliteit kunnen aantasten en ook verzuring van de bodem en van meren kan veroorzaken.

## ***Materialen***

Voor de materiaalvoorziening zijn veel hulpbronnen beschikbaar. Metalen worden geproduceerd uit ertsen, die vooral in de ondergrond in specifieke gebieden gevonden kunnen worden. Bouwstoffen, zoals zand, grint, klei en kalk worden bijna overal gevonden op of in de bodem. Een derde groep van materialen zijn de organische materialen ofwel kunststoffen, geproduceerd uit en met behulp van energiehulpbronnen. Ook vernieuwbare hulpbronnen zijn beschikbaar zoals hout uit de bosbouw en vezels geproduceerd uit landbouwgewassen.

Materialen worden veel gebruikt in de samenleving voor bouwwerken, apparaten, voertuigen en infrastructuur. Dit zijn investeringsgoederen en gebruiksgoederen, met een lange gebruiksduur. Daarnaast worden materialen gebruikt voor de productie van velerlei producten met een korte levensduur, zoals kleding, boeken, huishoudelijke gebruiksvoorwerpen en verpakkingen. De meeste materiaalhulpbronnen zijn niet vernieuwbaar. Toch is ook hier weinig angst over mogelijke uitputting. Wel nemen de effecten van de mijnbouw en het winnen van oppervlaktedelfstoffen voor het milieu toe. Ook het beslag op energiebronnen ten behoeve van de materialenproductie is sterk gestegen.

Een ander belangrijk gevolg van materiaalgebruik in de samenleving is het ontstaan van afval. Afval ontstaat vooral bij de winning van grondstoffen, bij productie van materialen, en bij de behandeling van afgedankte goederen. Deze afvalstromen komen als emissies in de lucht terecht, of via afvalwater in het watersysteem, of worden gestort en legt zo een beslag op het land. Deels worden afvalstromen door natuurlijke processen verwerkt en worden weer opgenomen in een natuurlijke kringloop. Een groot deel van het afval wordt echter niet of nauwelijks door de natuur afgebroken. Zulke afvalstoffen komt terecht op stortplaatsen en in het bodemslib van rivieren en meren of hoopt zich langzaam op in de bodem, het grondwater of de atmosfeer. Vroeg of laat kunnen deze afvalstromen het milieusysteem aantasten.

## ***Water***

Zout water is in zeer grote hoeveelheid aanwezig, maar de beschikbaarheid van zoet water is een stuk minder. Regenwater en rivierwater zijn de grootste en ook vernieuwbare waterhulpbronnen. Daarnaast is ook grondwater beschikbaar, maar grondwater is niet een vernieuwbare waterhulpbron. Water is een basisbehoefte voor elke vorm van leven. Deze hulpbron deelt de mens dus met de natuur. Naast water voor drinken en bereiding van voedsel wordt water gebruikt voor reinigingsdoeleinden in huis en in de industrie. Na het reinigen wordt het vuil samen met de schoonmaakmiddelen afgevoerd als afvalwater. In de industrie wordt water ook gebruikt als procesmedium en in de landbouw wordt regenwater, grondwater maar ook aangevoerd irrigatiewater gebruikt om de groei van gewassen mogelijk te maken. Bij al deze toepassingen wordt water niet verbruikt, maar verandert en meestal vermindert de fysisch-chemische of biologische kwaliteit van het water. Deze kwaliteitsverandering beperkt het opnieuw gebruiken van water voor menselijke en natuurlijke doeleinden.

De problemen rond de beschikbaarheid van water zijn van een andere orde dan voor de energie- en materiaal hulpbronnen. De waterkringloop zorgt voor een voortdurende circulatie van zoet water. De mensheid legt wel een fors beslag op het beschikbare water. De beschikbaarheid van water is ongelijk verdeeld zowel geografisch als ook over het jaar. Wereldwijd kunnen droge en natte regio's worden aangetroffen en door het jaar heen wisselen natte en droge perioden elkaar af. Het opslaan van water zoals bij de Assoean-dam in Egypte en het transporteren van water in Israël om landbouwgrond te irrigeren, lost dit probleem natuurlijk op, maar verstoort daarmee ook het functioneren van de natuurlijke waterkringloop. Grondwaterwinning is een vaak gekozen oplossing voor problemen rond de beschikbaarheid van water. De menselijke waterbehoefte wordt dan vervuld maar de natuur in de winningsgebieden verdroogt tegelijkertijd.

### ***Land***

De beschikbaarheid van land is grotendeels een gegeven. Ook het land deelt de mens met de natuur. Voor bepaalde gebruiksdoeleinden kan echter een deel van het land ongeschikt zijn. Voor bepaalde vormen van landbouw en veeteelt zijn de bodemvruchtbaarheid, goede beschikbaarheid van water en bewerkbaarheid met machines belangrijke eigenschappen, waar lang niet elke stuk land aan voldoet. Andere vormen van landbouw stellen minder hoge eisen, maar leveren dan ook een lagere opbrengst. In dichtbevolkte gebieden komen de primaire functies van het land natuur, bosbouw, landbouw en veeteelt onder de druk van maatschappelijk ruimtevragende functies zoals wonen, werken, verplaatsen en recreëren. De groei van de wereldbevolking zal de ruimte voor de natuur sterk doen verminderen. Daarnaast beïnvloedt ook het huidige landgebruik de toekomstige mogelijkheden van land. Door erosie en verzilting vermindert de bodemkwaliteit in landbouwgebieden. Grootschalige veranderingen in de bodembedekking, zoals bij ontbossing ten behoeve van grootschalige sojateelt in de tropen, leiden ook tot verandering van de verdamping en het watergebruik, waardoor de waterkringloop wordt verstoord en het regionale klimaat kan veranderen.

Wat leert ons de discussie van deze vier soorten hulpbronnen? Allereerst zien wij het grote belang van een voortdurende beschikbaarheid van deze hulpbronnen voor onze samenleving. Oppervlakkig lijkt er voor de ontwikkelde wereld weinig aan de hand. Er zijn echter wel dreigende wolken aan de horizon voor onze samenleving. Ik noem het veranderende klimaat, de verminderde beschikbaarheid van schoon water, effecten op de volksgezondheid, de afname van bodemkwaliteit en de aantasting van de biodiversiteit door ontbossing en mijnbouwactiviteiten. Extra complicaties bij deze problemen is de samenhang tussen de verschillende hulpbronsystemen: klimaatverandering beïnvloedt ook de waterkringloop en het landgebruik en vice versa. Duurzame ontwikkeling vraagt daarom ook om forse veranderingen in het hulpbronnengebruik.

De algemene oplossingen van hulpbronnenproblemen zijn wel bekend: allereerst het voorkomen van hulpbronnengebruik, de zogenoemde

preventieve aanpak, in de tweede plaats het gebruik van vernieuwbare en onbeperkt beschikbare hulpbronnen, de zogenaamde substitutie aanpak en in de derde plaats het besparen van hulpbronnen met zuinige apparaten, lichtgewicht producten, waterbesparende toiletten en douchekoppen en multifunctioneel landgebruik, de zogenaamde efficiëntieaanpak. Deze oplossingsrichtingen zijn prima, maar er zijn wel twee problemen. Allereerst het probleem van afwenteling: bij voorbeeld een vernieuwbare energievoorziening met waterkracht vraagt grote hoeveelheden materialen om de waterdammen te bouwen en het beïnvloedt bovendien de waterkringloop. Met onderlinge afwenteling moet terdege rekening worden gehouden. Het tweede probleem is dat deze oplossingen ook maatschappelijk moeten worden geaccepteerd, sterker nog maatschappelijke veranderingen zijn noodzakelijk in ons systeem van productie en consumptie. Dit probleem zet ik centraal in het volgende deel van mijn rede.

## **Productie en consumptie**

Ruim twaalf jaar geleden verdedigde ik in deze Aula mijn proefschrift "Energy counts and materials matter in models for sustainable development". U ziet vraagstukken rond hulpbronnen en duurzame ontwikkeling hebben al geruime tijd mijn aandacht. De sociaal-psycholoog professor Vlek stelde als opponent mij de vraag waar is de mens in uw beschouwingen over energie, materialen en duurzaamheid? In die tijd was mijn mensbeeld nog wat mechanisch: de mens als motor voor verandering. Inmiddels gebruik ik in mijn werk meer het beeld dat de mens een actor is waarvan het gedrag gevormd wordt door enerzijds interne kenmerken, zoals eigen waarden en normen, specifieke behoeften en voorkeuren, en door anderzijds externe omstandigheden zoals de directe sociale en fysieke omgeving en algemene kenmerken van de samenleving waar hij of zij deel van uit maakt. Met dit mensbeeld kunnen wij als milieukundigen begrijpen waarom de maatschappelijke aanvaarding van maatregelen en gedragingen die duurzaamheid zouden bevorderen lang niet altijd vanzelfsprekend is. Belangrijk is dus om aan de mogelijkheden van mensen en hun feitelijk gedrag veel aandacht te besteden bij het ontwikkelen van strategieën om het hulpbronnengebruik en daarmee de samenleving te verduurzamen.

Rond 1990 begon het IVEM te werken aan de analyse van het energiebeslag van de Nederlandse productie en consumptie. Wijlen dr. Ir. W. Biesiot was de inspirerende initiator van de zo ingezette onderzoekslijn. Bij zijn ziekte en na zijn overlijden in 1998, heb ik het als mijn opdracht gezien deze lijn verder door te zetten. In dit zogenaamde Lifestyle onderzoek kozen we voor het beginsel dat het energiegebruik van de samenleving zowel veel mogelijk moest worden toegerekend aan de activiteiten en gedragingen van de burger. Anders gezegd de analyse van consumptie stond centraal en al het energiegebruik in de productie moest worden toegerekend aan de producten die de burger aanschaft en de diensten die de burger afneemt. We berekenden van alle producten het energiebeslag voor de productie, het gebruik en de afvalbehandeling. De beschikbaarheid van gegevens over de bestedingen van bijna 3000 huishoudens verzameld door het CBS maakte het



mogelijk om voor al deze huishoudens afzonderlijk het totale energiebeslag te bepalen.

Het gemiddelde energiebeslag van een huishouden wordt grotendeels bepaald door een deel van de consumptie, allereerst de verwarming van het huis, in de tweede plaats de voeding, in de derde plaats het vervoer en in de vierde plaats het cluster recreatie, ontspanning en opleiding. De hoge plaats van voeding is opmerkelijk maar ook alleszins verklaarbaar vanwege het energiebeslag bij de bewerking van het land, de verwarming van kassen, forse transportafstanden van grondstoffen voor veevoer en van voedingsmiddelen en de grote energievraag van de kunstmest producerende industrie. In de onderzochte groep huishoudens bleken ook grote verschillen te bestaan in hun energiebeslag. Hoe meer inkomen hoe hoger gemiddeld het energiebeslag was. Maar ook tussen huishoudens die hetzelfde inkomen verdienden, bleken er verschillen te zijn in energiebeslag. Blijkbaar kan men zijn geld ook energiebewust besteden.

Na deze analyse van het energiebeslag van huishoudens was de vervolgstap om na te gaan wat mogelijkheden zijn om dit energiebeslag te verminderen. In het onderzoek van het Greenhouse project, verdiepten wij ons in het feitelijk gedrag van huishoudens en de wijze waarop dit gedrag tot stand komt. De inzichten uit de huishoudwetenschap waren hiervoor nodig. Zij onderscheiden een aantal activiteitendomeinen zoals voeding. Analyse van zulke domeinen laat een samenhang zien die men moet kennen voordat men haalbare voorstellen kan doen aan een huishouden om het energiebeslag te verminderen. Bij voorbeeld in het domein van voeding is er een vaak verband tussen de aanwezigheid van een diepvriezer, de aankoop van diepvriesproducten en beperkte tijd om inkopen te doen. Een aanbeveling om vaker boodschappen te doen en verse producten te kopen, om de energievretende diepvriezer de deur uit te kunnen doen, zal in een dergelijk huishouden weinig gehoor krijgen. De huishoudwetenschap leerde ons het huishouden te zien als een efficiënte organisatie om met beperkte middelen, zoals geld en tijd, toch een aanvaardbare kwaliteit van leven te realiseren. Morrelen aan deze organisatie moet met begrip gebeuren, anders valt er niets te bereiken.

Wij identificeerden zo het potentieel om het energiebeslag van huishoudens te verminderen. Drie groepen van maatregelen onderscheidde we daarin. Allereerst maatregelen in de productie zelf, in de tweede plaats technische maatregelen in de huishoudens zoals isolatie en energiezuinige apparaten en in de derde plaats verandering van gedrag zoals een lagere nachtstand van de thermostaat en het aankopen van producten met een laag energiebeslag. De helft van het potentieel bleek te kunnen worden gerealiseerd door maatregelen in het productiesysteem, de andere helft bleek te kunnen worden gerealiseerd door maatregelen binnen het huishouden. Technische maatregelen vormden bij de mogelijke besparing binnen het huishouden het grootste deel maar ook gedragsverandering bleek zeker van belang. Van de maatregelen binnen de huishoudens onderzochten we nader de acceptatie en de haalbaarheid. De aanvaardbaarheid van technische maatregelen is behoorlijk. Geld en informatie zijn hierbij belangrijke factoren. Gedragsgerichte maatregelen blijken vaak niet te passen bij de praktijk van

het onderzochte huishouden. Toch blijken verandering van het voedingspatroon en selectief gebruik van apparaten soms wel geaccepteerd te worden als het huishouden zich bewust wordt van het belang daarvan voor het milieu. Voorstellen om apparaten de deur uit te doen, de auto te laten staan en vakanties dichterbij huis door te brengen vinden echter weinig steun.

Dit onderzoek zet het streven naar een duurzamer hulpbronnengebruik in breder perspectief. Allereerst dient in de productie van goederen en diensten grote aandacht gegeven te worden aan een vermindering van het hulpbronnengebruik. Een tweede aandachtspunt is een hulpbronnen sparende inrichting van het huishouden, maar zeker ook van de samenleving in bredere zin. Denk dan aan de ruimtelijke inrichting en vervoersinfrastructuur. Het derde aandachtspunt is het veranderen van gedrag van de burger in huis en buitenshuis. Maar hoe kunnen we hieraan werken?

De bedrijven voelen zich inmiddels verantwoordelijk voor een bredere bijdrage aan de wereldsamenleving. Maar de overheid moeten hen daarbij helpen deze verantwoordelijkheid niet vrijblijvend in te vullen.

Voor een hulpbronnen sparende inrichting van het huis zijn maatregelen beschikbaar: enerzijds het verplichten van duurzame nieuwbouw en renovatie anderzijds informatie en misschien ook premies om energiezuinige apparatuur aan te schaffen.

Hulpbronnen sparende inrichting van de samenleving is een nieuwe ontwerpopgave. Samenhangende ideeën hierover zijn er nog niet. In het ToolSust onderzoek onderzochten we in internationaal verband de mogelijkheid hiervoor binnen steden. In het project Grounds for Change gericht op Noord Nederland, proberen wij samen met andere wetenschappers en ruimtelijke ontwerpers concepten en ideeën op dit gebied te ontwikkelen. Gedragsverandering bij burgers staat en valt met toegesneden informatie, anders gezegd maatwerk. In het project Netwerken met Energie ontwikkelden wij met energiewetenschappers en sociale wetenschappers een expertsysteem om gericht advies aan huishoudens te kunnen geven over mogelijkheden tot vermindering van het huishoudelijk energiebeslag en vonden we experimenteel het positieve effect van deze adviezen.

## **Systematisch meten van duurzaamheid**

Na deze beschouwingen over maatschappelijke veranderingen en gedragsverandering lijkt het wel of ik van wetenschapsgebied gewisseld heb en een transitie gemaakt heb van de natuurwetenschappen naar de sociale wetenschappen. Deze indruk wil graag wegnemen. Mijn betooglijn volgt het dialectische schema these, antithese en synthese. De synthese die ik wil bereiken is de beoefening van interdisciplinaire wetenschap rond het thema duurzaamheid. Duurzaamheid houdt in, zoals al betoogd, zich gelijktijdig bezig met het economische systeem, het sociale systeem en het ecologische systeem. Het werken aan duurzaamheid betekent dus per definitie interdisciplinair werken, dus: het integreren van begrippen en theorieën uit deze wetenschapsgebieden. Mijn wens is dit ook te incorporeren in de

methodes die ik nu gebruik. Dus het ontwikkelen van interdisciplinaire ketenanalyse en systeemodynamische analyse.

In de natuurwetenschappelijke milieukunde is de methode van ketenanalyse ontwikkeld. Ketenanalyse van een product brengt in beginsel alle stofstromen en energiestromen in kaart die gerelateerd zijn aan een product. Allereerst voor de winning van alle benodigde hulpbronnen, daarna voor de omzettingen van hulpbronnen in materialen en energiedragers in de industrie, vervolgens voor het gebruik van het product, en tenslotte voor de afvalbehandeling. Met ketenanalyse van de wieg tot het graf ontstaat een systematisch overzicht van het productgerelateerde hulpbronnengebruik en afval. Ketenanalyse kan een indicatie geven welke processen in de keten verbeterd zouden moeten worden om een product fors milieuvriendelijker te maken. Ketenanalyse maakt ons er van bewust dat door ons gebruikte producten wereldwijd een beroep kunnen doen op hulpbronnen en het milieu ook ver weg kan beïnvloeden.

Al eerder heb ik betoogd dat het gebruiken van natuurlijke kringlopen een goede strategie is in het kader van het duurzaam gebruik van hulpbronnen. De kunst is dus om de productketens goed in te passen in de natuurlijke kringlopen, of anders productketens zo veel mogelijk om te zetten in kringlopen binnen het economische systeem. Vroeger gebruikte men al de term kringloop economie. Inmiddels gebruikt men het concept industriële ecologie als beeld met de slogan: maak van afval grondstof voor nieuwe productie.

Ketenanalyse beperkt zich niet tot de natuurwetenschappen. Bij de sociaal-economische evaluatie van de aanleg van de zweeftrein of het invoeren van een superbuis gebruikt men een vorm van ketenanalyse. In een financiële kostenbatenanalyse brengt men de directe kosten van alle onderdelen van de keten in beeld. Bij een maatschappelijke kostenbatenanalyse betreft men ook alle maatschappelijke en milieurelevante effecten op geld gewaardeerd in de afweging.

Bij zo'n benadering is het ook noodzakelijk om de gedragsverandering bij de potentiële gebruikers in te schatten. Hiervoor kunnen de economische evenwichtsmodellen worden gebruikt. Interessant is om zo te onderzoeken wat er gebeurt als er een energiebesparende technologie op markt komt. In de natuurwetenschappen neemt men dan aan dat veel energie bespaard zal worden. Economische modellen laten zien dat de energiebesparing niet zo groot zal zijn: het zogenaamde reboundeffect treedt op: bij voorbeeld een spaarlamp laat men vaker branden dan de gloeilamp die deze vervangt, en het uitgespaarde geld wordt aan andere energievragende zaken uitgegeven. Zo kan men de rol van technologie op waarde schatten. Technologie is behulpzaam bij het efficiënter gebruik van hulpbronnen en bij het ontwikkelen van hernieuwbare hulpbronnen. Maar ook blijkt technologische ontwikkeling vaak de groei van productie en consumptie te stimuleren. Het gebruik van efficiënte technologie blijkt daarom in de praktijk niet altijd te leiden tot een verminderd hulpbrongebruik, integendeel.

Bij natuurwetenschappelijke ketenanalyse doorloopt men de keten stap voor stap: de output van de ene stap is de input voor de volgende stap. Bij sociaal-economische ketenanalyse voegt men ook oorzaakgevolgrelaties aan de keten

toe. Het wordt nog ingewikkelder als een keten zich sluit in een analyse. Een bekend voorbeeld is de productie consumptie cyclus. De productie neemt toe, daardoor wordt er meer geld verdiend en stijgt de consumptie weer, maar dan moeten er weer meer goederen geproduceerd worden. Nu is onduidelijk wat oorzaak en gevolg is. Zo'n wederzijdse stimulerende beïnvloeding heet een versterkende terugkoppeling. Dit voorspelt een voortdurend sterker wordend groeiproces: de zogenaamde exponentiële groei.

Systeemdynamische analyse is methode om het gedrag van ingewikkelde systemen met veel oorzaakgevolgrelaties met inbegrip van mogelijke terugkoppelingen te bestuderen. Deze analysemethode is geschikt om natuurlijke en maatschappelijke processen zelf en het gedrag daarvan in de tijd te beschrijven zoals de ontwikkeling van ecosystemen en de ontwikkeling van reilen in de verpauperde wijken rond de grote steden van Frankrijk. Deze analyse is behulpzaam bij het vaststellen van de diagnose en ook bij het vinden van oplossingen voor systeemgerichte problemen.

Voor het onderzoek hoe we tot een duurzaam hulpbronnengebruik kunnen komen is systeemdynamische analyse een goede methode. Immers hierbij zijn de relaties velerlei. De beschikbaarheid van hulpbronnen wordt beïnvloed door het gebruik. Hulpbronnengebruik wordt enerzijds verminderd door de ontwikkeling van technologie, en anderzijds wordt de hulpbronnenbehoefte vergroot door de bevolkingsgroei en door economische ontwikkeling. Wat zou een dergelijke analyse ons wel en niet kunnen leren. Allereerst wat niet: zulke analyses geven geen precieze voorspellingen van de toekomst, maar geven wel een beter begrip over welke processen bepalend zullen zijn voor de ontwikkeling van het wereldsysteem. Deze analyses laten zien welke factoren uiteindelijk de groei van het systeem kunnen beperken en welke onderdelen van het systeem het slachtoffer zullen worden van de groei.

Systeemdynamische analyse wijst ons op de terugkoppelingen in het systeem die de groei aanjagen, maar ook op de krachten die het systeem in evenwicht kunnen terugbrengen.

De eersten die deze methode gebruikten om de wereldproblemen rond het milieu en hulpbronnengebruik te analyseren waren Dana en Dennis Meadows. Hun rapport "Limits to growth", dat ik in 1972 al las, heeft mij diepgaand beïnvloed. Toch heb ik ook wel kritiek. De boodschap van het boek is te veel geformuleerd in de vorm van toekomstvoorspellingen terwijl het juist over systeemverkenningen zou moeten gaan. Mijn tweede kritiekpunt is belangrijker: er zit te weinig sociale wetenschap in hun analyse, waardoor er met hun analyse niet duidelijk wordt hoe sociale processen moeten veranderen om de wereld binnen haar grenzen te houden.

Ik kom nu tot de kern van mijn eigen systeemdynamische analyse van het duurzaamheidvraagstuk: de terugkoppeling tussen productie en consumptie is de sterkste drijvende kracht richting een niet duurzame toekomst. Deze terugkoppeling kan worden gematigd door technical and social engineering, maar de sociale drijfveren van de behoefte aan consumptie moeten ook aangepakt worden, om de wereld echt binnen haar grenzen te houden. Er is dus de noodzaak van een nadere bezinning op consumptie. Consumptie dient ervoor om de wereldburgers in hun behoeften te voorzien. Hiervoor dienen producten en diensten ontwikkeld worden, die een veel lager beslag op

hulpbronnen leggen. Maar ook moet een sociale preventie van hulpbronnengebruik worden ontwikkeld om een niet materialistische behoeftebevrediging tot stand te brengen.

## **Afronding**

Ik heb gesproken over de mens, de natuur, de natuurlijke hulpbronnen, die daar tussen staan en over duurzame ontwikkeling die dit drietal in balans moet brengen en houden. Ik heb aandacht besteed aan het onderzoek en de methodes die nodig zijn om systemen en hun ontwikkeling te kunnen beoordelen en te veranderen richting duurzaamheid. Het gezegde vormt een vertrekpunt voor nieuw onderzoek en basismateriaal voor onderwijs aan de promovendi en Master studenten Energy and Environmental Sciences. Ik ben de universiteit van Groningen, de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen erkentelijk voor de leerstoel die zij mij voor dit onderzoek en onderwijs bieden. Het Centrum voor Energie en Milieukunde eerst onder leiding van toen doctor nu professor de Vries en daarna reeds vele jaren bezielde geleid door professor Schoot Uiterkamp ben ik dankbaar voor de ruimte die zij mij gegeven hebben om aan deze vraagstukken te werken.

Tot slot een boodschap die ik over de hoofden van de toehoorders ook aan de samenleving wil geven.

Vele beleidsmakers en wetenschappers prediken dat het bevorderen van efficiënte en duurzame technologie voldoende is om een duurzaam gebruik van hulpbronnen te bewerkstelligen. Ik heb laten zien dat voor dit idee onvoldoende grond is: de noodzakelijke preventieve aanpak vergt ook een fundamentele herziening van het productie- en consumptiesysteem. Voor dit proces dienen overheid, burgers en producenten gezamenlijk verantwoordelijkheid te nemen. De wetenschap heeft de taak dit proces te initiëren, te faciliteren en te evalueren.

Ik heb gezegd!